Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Leiter: Professor Dr. Dr. P. Riethe der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. E. Fröhlich

Eine Methode zur Untersuchung der Abschlussdichtigkeit einzementierter Gussfüllungen unter Verwendung von radioaktiven Isotopen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Willi-Bernhard Fuchs
aus Stuttgart

1969

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547611_0099

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Leiter: Professor Dr. Dr. P. Riethe der Klinik und Poliklinik für
Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. E. Fröhlich

Eine Methode zur Untersuchung der Abschlussdichtigkeit einzementierter Gussfüllungen unter Verwendung von radioaktiven Isotopen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Willi-Bernhard Fuchs
aus Stuttgart

1969

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. J. Hirschmann

Berichterstatter: Professor Dr. Dr. P. Riethe

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung und Problemstellung	1
II.	Verschiedene Arten der Kavitätenrandgestaltung bei Gussfüllungen	3
III.	Untersuchungsmethoden hinsichtlich des Randschlusses von unterschiedlichen Füllungsmaterialien	5
IV.	Eigene Untersuchungen	
	A. Versuchsapparatur und Methodik	
	1. Prinzip des angewendeten Messverfahrens	8
	2. Messgerät	9
	B. Kavitätenformen und ihre Herstellung	12
	C. Materialien und ihre Verarbeitung	17
	D. Messung der Abschlussdichtigkeit einzementierter Gussfüllungen.	
	1. Voruntersuchungen	
	a) Allgemeine Untersuchungen unter Verwendung von Randolf-Gussfüllungen	18
	b) Spezielle Untersuchungen an Gold-Gussfüllungen	19
	2. Untersuchung der Abschlussdichtigkeit einzementierter Gold-Gussfüllungen mit drei verschiedenen Arten der Kavitätenrandgestaltung.	
	a) Erste Messreihe - nicht anfinierte Gussfüllungen	21
	b) Zweite Messreihe - anfinierte Gussfüllungen	22
V.	Ergebnisse	22
VI.	Diskussion	38
VII.	Zusammenfassung	40
VIII.	Literaturverzeichnis	41

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Nachuntersuchungen von E. WANNENMACHER (1965) über einen Zeitraum von 3-5 Jahren an 8580 Amalgamfüllungen, 2450 Silikatfüllungen und 2310 Gussfüllungen ergaben, dass bei 63% der Silikat-, bei 65% der Amalgam- und bei 21% der Gussfüllungen eine sekundäre Karies aufgetreten war.

Was die gegossene Füllung betrifft, so sah A.KNAPPWOST (1951) die Ursache einer Sekundärkaries in dem ungenügend dichten Abschluss des Füllungsmaterials mit der Zahnsubstanz am Kavitätenrand.

Als Prädilektionsstellen der Sekundärkaries nennen E.WANNENMACHER und H.RIEDEL (1965) zervikale Füllungsabschnitte. Dies sei vor allem bedingt durch primär minderwertige Strukturierung des zervikalen Schmelzrandes, sowie die schwierigere Präparation im zervikoapproximalen Bereich; ausserdem wirken sich hierbei Formveränderungen des Gussobjektes aus, die bei der labortechnischen Herstellung entstehen.

Den Füllungsrandschluss beeinträchtigende und Sekundärkaries begünstigende Faktoren sind Schäden, die im Kavitätenrandgebiet bei normal- und höchsttourigem Bohren entstehen. Neben Aussprengungen und Zertrümmerungen von Schmelzprismen stellen W.ADOLPH (1959), K.H.FEZER und K.SCHRAY (1959), S.LINKE (1960), F.F.EIFINGER (1962), A. KRÖNCKE und G.KIMMERLE (1962) u.a. bei höchsttouriger Präparation eine Auflockerung und Härteverminderung der Schmelzrandzone fest. Auf Grund dieser Beobachtungen empfehlen sie eine Überarbeitung der Kavitätenränder mit konventionellen Schleifinstrumenten.

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, dass der Erfolg einer Gussfüllung wesentlich von der Präparation bzw. Bearbeitung der Kavitätenränder abhängt.

Während nun über die werkstoffkundliche Seite bei der Herstellung einer gegossenen Füllung im grossen und ganzen Einmütigkeit herrscht, werden hinsichtlich der Präparation der Kavität bzw. des Kavitätenrandes unterschiedliche Ansichten vertreten.

Aufgabe dieser Arbeit soll es sein, anhand genormter, gleichermassen hergestellter Gussfüllungen zu untersuchen, inwieweit unterschiedlich gestaltete Kavitätenränder den Spalt zwischen Füllung und Zahnhartsubstanz zu beeinflussen vermögen.

Hierzu wurde ein Prüfverfahren entwickelt, das erstmals - soweit uns bekannt ist - unter Verwendung von radioaktiven Isotopen Messungen der Randdichtigkeit an e i n z e m e n t i e r t e n , gegossenen Füllungen ermöglicht.

II. VERSCHIEDENE ARTEN DER KAVITÄTENRANDGESTALTUNG BEI GUSSFÜLLUNGEN.

1. Federrand

Eine Abschrägung des Kavitätenrandes über eine bestimmte Dicke der Schmelzschicht wird von der Mehrzahl der Autoren empfohlen. Aufgabe dieser Abschrägung soll sein:

a) Ausgleich von Erstarrungs- und Abkühlungskontraktion des Gussgutes.

b) Verdecken eines entstandenen Spaltes zwischen Kavitätenwand und Gussfüllung durch den am Rand überlappenden "Federrand".

c) Schutz des Zementspaltes vor mechanischen Einflüssen beim Kauakt durch spateres Anrotieren des Metalls mittels eines Schlag- oder Kugelpolierers.

d) Verhindern eines Absplitterns und Ausbrechens von Schmelzprismen.

H.-H.REBEL (1947) gibt an, die Kavitätenwände grundsätzlich vor ihrem Auslauf in die Zahnoberfläche abzuschrägen, und zwar auf eine Länge von 1/2-1 mm in einem Winkel von 20-25°.

WALKHOFF-HESS (1954) ist für eine Abschrägung der Schmelzränder unter Berücksichtigung des Verlaufes der Schmelzprismen auf eine Breite von 1/2-1 mm in einem Winkel von 30-40°.

M.SCHUG-KÖSTERS (1951) tritt für den Federrand ein, der durch Brechung der Schmelzkante in einem Winkel von 60° gebildet werden soll.

E.HARNDT (1953) schlägt vor, die gesamte Schmelzzone leicht nach aussen divergieren zu lassen.

An anderer Stelle empfiehlt E.HARNDT (1955) eine Brechung der Schmelzkante in einem Winkel von 45° über ein Drittel der Schmelzdicke.

K.SCHRAY und K.H.FEZER (1963) halten einen Abschrägungswinkel von 20-30° für vorteilhaft. Die gebrochene Kante soll dabei 1/3 bis 1/2 der Schmelzdicke betragen.

2. Verzicht auf Federrand:

K.DREYER - JÖRGENSEN (1963) verzichtet auf die Schaffung eines Federrandes durch Abschrägen der Kanten. Er gibt als

Begründung an, dass dies früher zum Ausgleich der Gussungenauigkeiten diente. Beim heutigen Stand der Gusstechnik sei dies nicht mehr notwendig. Die seitlichen Kavitatenwände werden von ihm leicht nach okklusal divergierend im Winkel von 15° gestaltet. Dieser relativ grosse Konvergenzwinkel soll die Genauigkeit des Randschlusses verbessern, da bei Gusskontraktionen das Gusstück sich tiefer in die Kavitat einlagern kann. Dabei liegt es immer noch der Kavitätenwand an, was bei parallelen Kavitätenwänden nicht der Fall ist.

3. SLICE - CUT Präparation:
Sie stellt eine Präparationsform der mesialen und distalen Zahnflächen dar, deren Technik als bekannt vorausgesetzt werden darf. Sie bietet im Gegensatz zu den vorhergenannten Präparationen einen flächenhaften Abschluss des Gusstücks mit der Zahnsubstanz.

K.DREYER - JÖRGENSEN und H.REICH (1956) wenden eine Modifikation dieses Verfahrens an. Sie präparieren die Approximalflachen mit speziell entwickelten Schleifintrumenten flach muldenförmig.

R.MAYER (1967) empfiehlt im Approximalbereich auch über Kastenpräparationen - soweit möglich - abschliessend einen Schliff, wobei z.B. eine Sandpapierscheibe genügt.

Bei unseren Untersuchungen sollen drei Präparationsmöglichkeiten miteinander verglichen werden.

I. Gussfüllungskavität mit "Federrand":
Parallele Kavitatenwände.
Brechung des Kavitätenrandes um die Hälfte der Schmelzdicke über eine Länge von 1 mm;
Brechungswinkel 30°.

II. Die gesamte Kavitatenwand wird in einem Winkel von 15° abgeschrägt; eine Brechung im Sinne des Federrandes unterbleibt.

III. Slice - cut - Präparation.

III. UNTERSUCHUNGEN HINSICHTLICH DES RANDSCHLUSSES VON UNTERSCHIEDLICHEN FÜLLUNGSMATERIALIEN.

Um den Randschluss und die Abschlussdichtigkeit von Füllungsmaterialien zu untersuchen, wurden bisher verschiedene Methoden angewandt:

1. Blasendruckmethode
2. Optische Vermessung
3. Anwendung von Farbstoffen
4. Anwendung von Bakterien
5. Anwendung radioaktiver Isotope

1. Die Blasendruckmethode nach A.KNAPPWOST (1951): Diese liefert qualitative Aussagen über die Kapillarspaltbildung zwischen Füllungskörper und Kavitätenwand. K.A. EFFINGER (1952) wandte diese Methode zur Untersuchung der Wandständigkeit von verschiedenen Füllungszementen an.

2. Optische Vermessung:
H. HEUSER (1949) stellte oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluss von Gussfüllungen an. Die Inlays wurden gegossen in: 24 kar. Gold, Würzburger-Weissmetall und Silca. Dabei wurden die Veränderungen des Füllungsrandes beobachtet, die beim Bearbeiten mit Schlag- und Kugelpolierern vor und nach dem Einzementieren auftraten. Bei Inlays aus 24 kar.Gold ergab sich nach abschliessender Bearbeitung mit dem Kugelpolierer das beste Randrelief.

H. RIEDEL (1965) führte eine regelrechte Vermessung des Randspaltes durch. Auf einem Stahlkörper mit MOD-Kavität stellte er nach direkter und indirekter Technik Gussfüllungen her. Mit einem Messmikroskop ermittelte er dann den Spalt zwischen Füllungs- und Kavitätenrand an 3 okklusalen und 3 zervikalen Stellen (im Bereich der Stufe). - Die Inlays waren hierbei nicht einzementiert. Die besten Resultate fand er bei der direkten Methode. Als Mittelwert gab er okklusal 37 /u zervikal 71,4 /u an.

P. RIETHE (1963) untersuchte den Einfluss verschiedener Abdruckmaterialien und Modellwerkstoffe auf die Passgenauigkeit von MOD-Füllungen. Bei den ebenfalls auf einem

Stahlmodell hergestellten Gussfüllungen wurde an jeweils 3 Stellen der mesialen und distalen Stufe die Spaltbreite mit einem Messmikroskop ermittelt. Die Inlays wurden zu den Messungen nicht einzementiert.

E.M. SOBKOWIAK (1964) ging in ähnlicher Weise wie H.RIEDEL vor. Sie stellte auf einem Prüfblock mit MOD-Kavität auf direkte und indirekte Weise Inlays her. Danach wurde die Spaltbreite zwischen Prüfkörper und nicht einzementiertem Inlay mit einem Messmikroskop festgestellt. An jedem Inlay wurden 12 Messungen durchgeführt; nach der direkten Herstellungsmethode, welche die besten Resultate ergab, betrug die durchschnittliche Spaltbreite 33,85 µ.

3. Anwendung von Farbstoffen:
M. FISCHER (1949) untersuchte die Abschlussdichte verschiedener Füllungsmaterialien (u.a. Amalgame und Gussfüllungen) mit Hilfe von Farbstoffen, die durch Kapillarattraktion bzw. durch Iontophorese, oder unter Verwendung der Unterdruckmethode, zwischen Kavitätenwand und Füllungswerkstoff eindrangen.
Er fand, dass bei allen untersuchten Füllungswerkstoffen im Randbereich eine Durchlässigkeit für Farbstofflösung in verschiedenem Grade nachzuweisen war, d.h. dass in keinem Fall ein hermetischer Abschluss vorlag.

4. Anwendung von Bakterien:
D.W.MORTENSEN, N.E.BOUCHER, G.RYGE (1965) untersuchten die Abschlussdichtigkeit von Amalgamfüllungen mit Hilfe von Bakterien. Sie fanden, dass 55% der im Versuch gelegten Amalgamfüllungen das Eindringen von Bakterien ermöglichten.

5. Anwendung von radioaktiven Isotopen:
A.VELKOVA (1961) legte an extrahierten Zähnen Silikatfüllungen und liess durch Kapillarwirkung Lösungen von radioaktivem Phosphor eindringen.

R.E.GOING, M.MASSLER, H.L.DUTE (1960) untersuchten ebenfalls mehrere Füllungsmaterialien - Goldguss -, Kunststoff-, Zement- und Amalgamfüllungen - unter Verwendung von radioaktivem Jod. Sie benutzten dabei 131 Jod mit einer Radioaktivitätskonzentration von 25-50 µCi/ml.

Dabei wurden die Präparate etwa 24 Stunden in der Lösung aufbewahrt. An später angefertigten Schnitten wurde autoradiographisch das Eindringen des radioaktiven Stoffes dargestellt.

In ähnlicher Weise gingen M.L.SWARTZ und R.W.PHILLIPS (1967) vor. Sie verwendeten radioaktives Calcium, und führten ihre Messungen 24 Stunden, 1 Monat und 6 Monate nach dem Einsetzen der Füllung durch.

J.B.TAYLOR, E.C.STOWELL, J.F.MURPHY und W.W.WAINWRIGHT (1959) verwendeten zum Vergleich von Goldstopfhammerfüllungen mit Amalgamfüllungen 131 J.

W.W.WAINWRIGHT, E.C.STOWELL, und J.B.TAYLOR (1959) untersuchten Amalgamfüllungen mit menschlichem Serumalbumin, das mit 131 J markiert war, sowie mit einer Lösung von Na 131 J. Sie fanden, dass die Durchlässigkeit für 131 J Serumalbumin geringer war als für reines Jodid.

IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Wir haben uns zur Aufgabe gestellt, die Randdichtigkeit einzementierter Gussfüllungen bei verschiedenen Möglichkeiten der Kavitätenrandgestaltung zu untersuchen.- Bei bisher durchgeführten optischen Vermessungen wurde lediglich die Passgenauigkeit nicht einzementierter Gussfüllungen durch Angabe der "Spaltbreite" zwischen Füllungskörper und Kavitatenrand festgestellt. Ebenso lassen die seither verwendeten Verfahren (Blasendruckmethode, Anwendung von Farbstoffen, Anwendung von Bakterien, bisherige Anwendung radioaktiver Isotope) keine Wertung über die Abschlussdichtigkeit einzementierter Inlays zu.
Daher galt es zunächst, eine reproduzierbare Messmethode zu entwickeln, die Aussagen über die Randdichte einzementierter Gussfüllungen ermöglicht.

A. VERSUCHSAPPARATUR UND METHODIK

1. Prinzip des angewendeten Messverfahrens

Eine radioaktive Lösung dringt durch Kohäsions- und Kapillarwirkung in den, mit Zement ausgefüllten, Spalt zwischen Kavitätenwand und metallischem Füllkörper.

Die Menge der eingedrungenen radioaktiven Flüssigkeit ist durch Registrierung der Strahlungsimpulse zu bestimmen. Der Messeffekt ist dabei proportional der eingedrungenen radioaktiven Substanz.

Liegen, wie in unserem Falle, genormte Kavitäten vor, so ist anzunehmen, dass verschiedene Grösse der Messeffekte einem erleichterten oder erschwerten Eindringen der Flüssigkeit in den Zementspalt entspricht. Dies ist bedingt durch eine schlechtere bzw. bessere Abschlussdichtigkeit des einen oder anderen Präparates. Dies lässt weiterhin den Schluss zu, dass die Füllung, welche den besten Abschluss gegen das Eindringen von Isotopen gewährleistet, auch diejenige sein wird, die am ehesten eindringenden Speichel, Bakterien, bzw. andere gelösten Stoffe und Flüssigkeiten abhalten kann.

Hierbei ist zu beachten, dass Störfaktoren (beim Mischen

des Zementes, beim Einsetzen der Gussfüllung), die ebenfalls zu einer Anderung der Impulsausbeute führen können, möglichst klein gehalten werden.

Als radioaktives Nuklid verwendeten wir das Jodisotop 131 J. Ein ml Na 131 J-Lösung besass am Tag der Anlieferung eine Aktivität von 1 mCi.

Durch Verdünnen mit 0,1%-KJ-Lösung wurde eine Konzentration von 10 /uCi/ml eingestellt. Der pH-Wert der Lösung betrug 6,75 (pH des normalen Speichels: 6,8).

Die Präparate mit den eingesetzten Gussfüllungen wurden, mit der Kavitätenfläche nach unten gewandt in graduierte Messröhrchen eingelegt, die mit 1 ml radioaktiver Lösung gefüllt waren.

Nach jeweils gleichen Zeitabständen wurde die zwischen Füllkörper und Kavitatenwand eingedrungene Flüssigkeitsmenge an Hand ihrer Strahlungsimpulse, mit Hilfe des Szintillationszählers, registriert.

Dazu war es notwendig, jedes Präparat, nachdem es der Flüssigkeit entommen worden war, von - an der Oberfläche anhaftender-radioaktiver Lösung zu saubern. Dies geschah durch gründliche Spülung mit ca. 100 ml entsalztem Wasser und nachfolgendes Abwischen mit mehreren trockenen Gazetupfern.

Das trockene Präparat wurde dann mit der Kavitat nach oben gewandt in ein frisches Messglas gelegt, welches dann zur Registrierung der Impulse in den Szintillationsbohrlochkristall gebracht wurde.

Die Messdauer betrug jeweils 2 Minuten.

Zu Beginn jeder Messerie wurde der Nulleffekt bestimmt, und ein Standardpräparat gemessen, um Schwankungen des Zählapparates und den Aktivitatsverlust (Halbwertszeit) auszugleichen und somit eine Rückberechnung der Messeffekte auf den Zeitpunkt der ersten Messung zu ermöglichen.

2. Messgerät +)

Zum Nachweis der radioaktiven Strahlung stand uns ein Szintillationszahlgerat der Firma FRIESEKE & HOEPFNER TYP FH 49 B zur Verfügung.

Prinzip eines Szintillationszählers:

Dieser besteht aus einem Na J (Tn) -Einkristall und einer Photozelle, die den Eingang eines Sekundärelektronenvervielfachers bildet. Photozelle und Verstärker zusammen werden als Photomultiplier bezeichnet. An den Ausgang des Multipliers ist ein Impulsverstarker angeschlossen. Die absorbierte Energie der in den Szintillationskristall fallenden Strahlung (elektrisch geladene β-Teilchen und γ-Strahlen) wird im Leuchtstoff in Lumineszenzstrahlung umgewandelt. Diese erzeugt auf der lichtempfindlichen Photokathode des Multipliers Photoelektronen, deren Zahl im Multiplier um einen Faktor von 10^7 vergrössert wird. Eine weitere Nachverstärkung dient zur Erfassung der Impulse auf einem Zählwerk.

Mit einem Szintillationszähler lassen sich prinzipiell alle ionisierenden Strahlen nachweisen. Er hat eine hohe Nachweisempfindlichkeit und ein relativ hohes Auflösungsvermögen.

Der Nulleffekt muss berücksichtigt werden, wenn er 1% der Netto-Impulsrate übersteigt. Beim Nulleffekt handelt es sich um Impulse die aus der kosmischen Höhenstrahlung, aus der Umgebung und Abschirmung des Szintillators sowie aus dem Glas und anderen Bestandteilen der Messanordnung stammen.

Der "thermische Nulleffekt" entsteht durch Spontanaustritt von Elektronen aus der geheizten Photokathode. Da der Nulleffekt die Genauigkeit der Messergebnisse beeinflusst, muss man versuchen, ihn zu verkleinern. Dies geschah hier vor allem durch einen Einkanal-Diskriminator, durch den sich alle Impulse, die eine bestimmte Grösse unterschreiten oder übersteigen, unterdrücken lassen. Das Verhältnis von Effekt zu Nulleffekt lässt sich durch eine richtige Wahl der Kanallage und Fensterbreite optimal einstellen.

+)
Die Messungen wurden durchgeführt im Isotopenlabor der Medizinischen Universitätsklinik Tübingen (Direktor: Prof.Dr. H.E.Bock) durch freundliches Entgegenkommen von Herrn Prof. Dr.E.Kallee, dem wir an dieser Stelle herzlich danken.

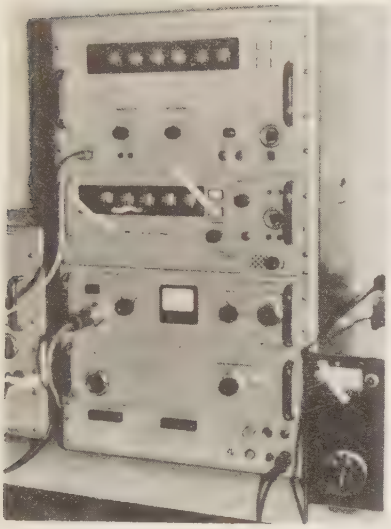


Abbildung 1:
Szintillationszähler der
Firma Frieseke & Hoepfner
Typ FH 49 B

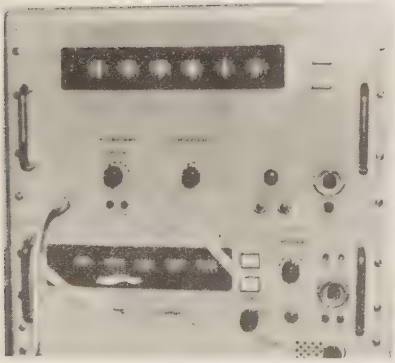


Abbildung 2:
Ablesefenster des Zählwerks (oben)
und der elektronischen Uhr (unten)

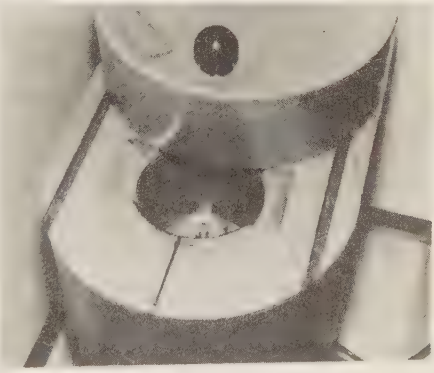


Abbildung 3:
Bohrlochkristall mit umgebendem Metallgehäuse
(10 cm dicke Bleiabschirmung)

B. KAVITÄTENFORMEN UND IHRE HERSTELLUNG

Um vergleichende Messungen durchführen zu können, sind genormte Kavitäten erforderlich. Diese müssen folgende Bedingungen erfüllen:

1. Gleicher Umfang der Kavitätenrandzone, da die eindiffundierende Substanzmenge proportional der Länge des Zementspaltes ist.
2. Gleiche Tiefe der Kavitäten.
3. Wiederholbarkeit der Präparationen.
4. Die Präparationen müssen in einem Werkstoff angelegt werden, der keine, das Messergebnis beeinflussenden Veränderungen in Kontakt mit der radioaktiven Flüssigkeit aufweist.
5. Die labortechnische Herstellung hat immer unter gleichen Bedingungen zu erfolgen.
6. Darüber hinaus sollte unsere "Normkavität" klinischen Gegebenenheiten entsprechen.

Hierbei wurden die Untersuchungen von K.GANTNER (1966) herangezogen. Er ermittelte die Oberflächen von ein- und mehrflächigen Füllungen an oberen und unteren Prämolaren und Molaren. Die Messungen führte er sowohl an Füllungen extrahierter Zähne, als auch an Frasacozähnen durch. Ausgehend von diesen Werten, berechnete er die Durchmesser entsprechender kreisförmiger Kavitäten. Daraus resultieren Maße, die sich zwischen 4,0 mm bei einflächigen oberen und unteren Prämolarenfüllungen und 11,5 mm für dreiflächige untere Molarenfüllungen bewegen. Errechnet man hieraus einen Mittelwert, so liegt dieser bei 7,31 mm.

Unter Berücksichtigung dieser Messergebnisse wurden kreisrunde Normkavitäten mit gleichem Durchmesser festgelegt (somit lassen sich die oben angeführten Forderungen erfüllen), die sich lediglich hinsichtlich der Kavitätenrandgestaltung unterscheiden und zwar:

Kavitatenform I: Durchmesser 7 mm - Abschrägung am Kavitätenrand im Winkel von 30° über eine Länge von 1 mm.
Tiefe der Kavität 3,5 mm.

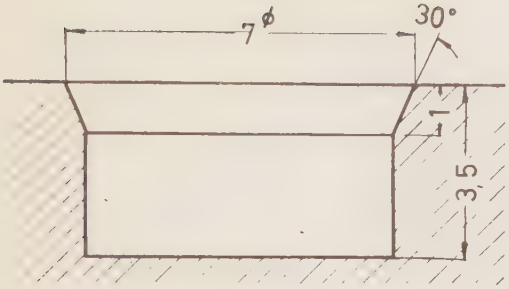
Kavitatenform II: Durchmesser 7 mm -Abschrägung der gesamten Kavitätenwand im Winkel von 15°
Tiefe der Kavität 3,5 mm.

Kavitatenform III: Durchmesser 7 mm - flächenhafter Abschluss am Kavitätenrand über 1,5 mm.
Tiefe der Kavität 3,5 mm.

(vgl. Abb. 6, S. 14)

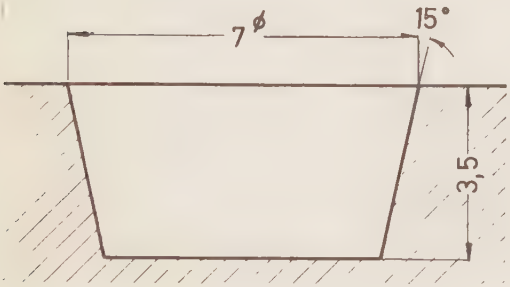
Die Kavität selbst wurde aus Plexiglas gefertigt. Dieses Material ist besonders dafür geeignet, da es sich gut bearbeiten lasst und eine ausreichende Härte aufweist. Es ist zudem homogen, sodass keine radioaktive Flüssigkeit in den Werkstoff einzudringen vermag. Ausserdem ermöglicht es eine gute Sichtkontrolle, was besonders beim Einpassen und Einzementieren der fertiggestellten Gussfullung von Wichtigkeit ist. Die Präparation der Kavitäten aus Plexiglasblöcken erfolgte mit Hilfe speziell angefertigter Bohrer und Frasen (s.Abb.7, S.15).

Um eine genaue Orientierung der einzusetzenden Gussfüllung zu ermöglichen, wurden am Kavitatengrund exzentrisch kleine Bohrungen von 1/2 bis 1 mm Tiefe eingelassen. Jeder Plexiglaswürfel und die entsprechenden Wachsmodelle wurden numeriert, um jede gegossene Fullung i h r e r entsprechenden Kavität zuordnen zu können.



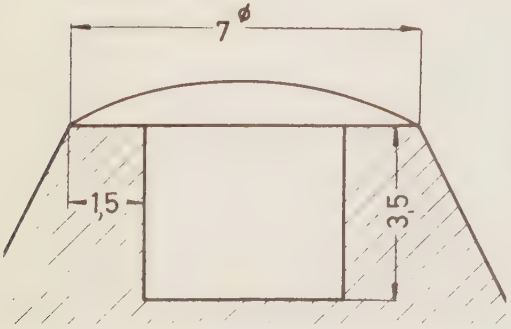
Kavitätenform I:

Durchmesser 7 mm
Abschrägung am Kavitatenrand im Winkel von 30° über eine Lange von 1 mm.
Tiefe der Kavität 3,5 mm.



Kavitätenform II:

Durchmesser 7 mm
Abschrägung der gesamten Kavitätenwand im Winkel von 15°
Tiefe der Kavität 3,5 mm.



Kavitätenform III:

Durchmesser 7 mm
Flächenhafter Abschluss am Kavitätenrand über 1,5 mm.
Tiefe der Kavität 3,5 mm.

Abbildung 4

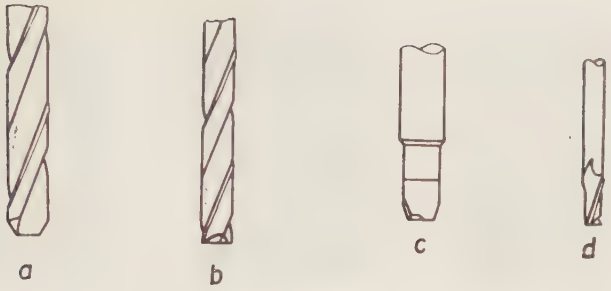


Abbildung 5: Bohrer und Fräsen, die zur Herstellung der Kavitäten verwendet wurden:

a.] Beide Fräsen wurden zur Herstellung der
b.] Kavitätenform I verwendet. Die Frase (a) diente zur Abschrägung des Federrandes.

c. Frase zur Herstellung der Kavitätenform II.

d. Fräse zur Herstellung der Kavitätenform III.

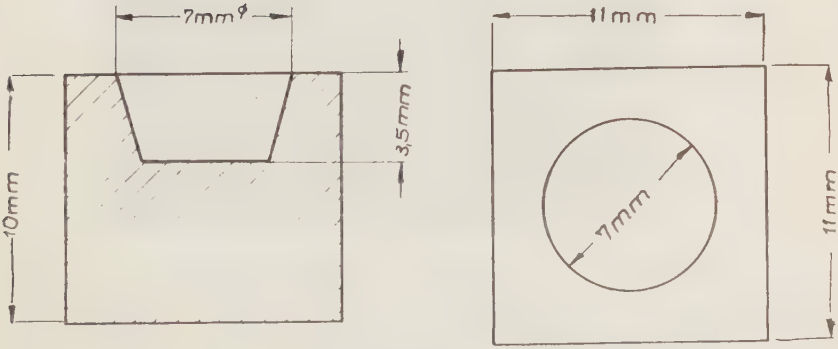


Abbildung 6: Schnittbild und Aufsicht der verwendeten Plexiglaswürfel

I II III

Abbildung 7:
Drei verschiedene in Plexiglas eingefräste Kavitätenformen.

I Kavität mit Federrand
II Kavität ohne Federrand
III Slice-cut Präparation

Abbildung 8:
Inlay und Plexiglaskavität (Typ II) vor und nach dem Einzementieren

C. MATERIALIEN UND IHRE VERARBEITUNG.

PREPON (BAYER-LEVERKUSEN)
Dental-Gusswachs (grün), über der Flamme erwärmt, in plastischem Zustand in die Kavität eingebracht. Entspannen der Oberfläche erfolgte mit 70%igem Alkohol, Auswachsen bei 180° Celsius im Vorwärmofen.

CRISTOBALITE INLAY INVESTMENT (Kerr.Reg.U.S.Pat.Off.ADA Specification Nr.5)
Einbettmasse, Mischverhältnis: 2 Gewichtsteile Wasser, 2 Gewichtsteile Pulver.

Abbindezeit	.....	13 Min.
Abbindeexpansion	.....	0,036 %

DEGULOR B (DEGUSSA)

Goldgusslegierung entsprechend FDI Specification Nr. 7 bzw. ADA Specification Nr. 5
Schmelzintervall 1040° - 960°
Brinellhärte 82 kg/mm^2.

Das Giessen erfolgte mit der elektrischen DEGUSSA-Kohletiegel-Schleuder.
Danach wurde das Gusstück in 80° heisser 10%iger Schwefelsäure abgesäuert.

HARVARD-ZEMENT

Befestigungskonsistenz: 0,5 ccm Flüssigkeit auf 1,8 g Pulver, bzw. 1 Gewichtsteil Flüssigkeit auf 1 Gewichtsteil Pulver.

Anrühren maximal 1 1/2 Min.
Erhärtungszeit 5 - 8 Min.

Die Gussfüllungen wurden auf direkte Weise hergestellt. Fehlermöglichkeiten - durch Abdruckmaterialien bedingt - konnten somit ausgeschaltet werden.

Um eine möglichst grosse Gussgenauigkeit zu erreichen, wurde das Verfahren der Kerneinbettung angewendet und jede Muffel mit einem Asbeststreifen ausgekleidet (BEECK, K.H. (1958), EICHNER, K. (1960), FALCK-WEICKART (1959)). Nach erfolgtem Guss wurden die Gusstücke von Einbettmasse gesäubert, abgesäuert und in die zugehörigen Kavitäten eingepasst.

D. MESSUNG DER ABSCHLUSSDICHTIGKEIT EINZEMENTIERTER GUSSFÜLLUNGEN.

1. Voruntersuchungen

a) Allgemeine Untersuchungen unter Verwendung von Randolf-Gussfüllungen.

Zunächst musste geklärt werden, ob die Messmethode für die geplanten Untersuchungen überhaupt geeignet ist. Es galt festzustellen, wieviel Strahlungsimpulse pro Zeiteinheit bei den einzelnen Präparaten zu registrieren sind, d.h. in welcher Grössenordnung der zu erwartende Messeffekt liegen würde. Ferner war ein günstiger Messzeitpunkt zu bestimmen.
Hierzu wurden zunächst 5 Präparate der Kavitatenform II mit gegossenen Füllungen aus Randolf verwendet.
Später wurde dieses Phantommetall durch eine in der zahnärztlichen Praxis zur Inlayherstellung geeignete Goldgusslegierung ersetzt.
Die Präparate wurden in Jodid-Lösung eingelegt. Nach jeweils 20, 40, 60, 120 Minuten, 5 Stunden, 10 Stunden, 24 Stunden erfolgte ihre Auszählung. (Vgl.Abschn."Versuchsapparatur und Methodik" S.9.)

Die Ergebnisse werden angegeben in "Impulse pro Minute" und finden sich in der nachstehenden Tabelle. In diesen Ergebnissen sind der radioaktive Zerfall anhand eines Standardpräparates und der Nulleffekt berücksichtigt.

Versuchskörper Präparat - Nr.	Zeit 20'	40'	1'	2'	5h	10h	24h
1	7728	14108	22194	27126	38410	53812	68380
2	5320	12703	25397	29216	36120	50205	64870
3	11018	19823	33400	39916	48712	67437	83967
4	15618	24390	38790	47070	63029	82118	101000
5	9150	17279	27789	39600	51038	78770	99557
Plexiglas Probekörper	53	42	87	57	44	101	48

Tabelle I a:
Impulszahlen- ermittelt bei Voruntersuchungen an Präparaten mit gegossenen und einzementierten Füllungen aus Ranlolf.

Die Messwerte wachsen entsprechend dem Zeitpunkt der Messung an. Nach steilem Anstieg der Impulszahlen zu Beginn der Messungen (nach 20, 40, 60 Minuten), ist eine wesentliche Verringerung des Zuwachses pro Zeiteinheit und die Annaherung an einen Sättigungswert zu ersehen. Daher wurde bei den nachfolgenden Untersuchungen schon bald nach Einlegen der Praparate in die radioaktive Lösung mit den Messungen begonnen und, um einem Sättigungswert nahezukommen, die Gesamtdauer des Versuchs wesentlich verlangert.

b) Spezielle Untersuchungen an Gold-Gussfüllungen.

Folgende Fragen mussten geklart werden:

aa) Bleibt 131 J an der Oberflache eines Gusstücks aus Gold haften?

bb) Wie verhalt sich die Radioaktivität eines metallischen Probekörpers mit definierter Oberflache zur Radioaktivitat einer in Plexiglas einzementierten Gussfüllung?

cc) Ergeben sich unterschiedliche Messeffekte, wenn die freie Goldoberfläche einzementierter Inlays zum Boden des Messröhrchens oder nach oben weist?

dd) Wie hoch ist die Radioaktivität eines Probekörpers aus Plexiglas?

ee) Wird die gemessene Radioaktivität eines Goldprobekörpers geringer, wenn dieser in Plexiglas eingebettet wird?

Hierzu wurde ein Probekörper aus Gold verwendet, der in seiner Form genau den der Kavitatenform II entsprechenden Gussfullungen glich. Zwei weitere Inlays des gleichen Typs wurden in die entsprechenden Plexiglaskavitäten einzementiert.

Als Plexiglasprobekörper dienten 2 "leere" Plexiglaswürfel, in die ebenfalls die Kavität II eingefrast war. Diese fünf Praparate wurden in je 1,5 ml radioaktive Lösung gelegt und die Praparat-Radioaktivität nach 1 Std., 22 und 77 Stun. bestimmt.
Die Ergebnisse, unter Berücksichtigung von Nulleffekt und Standard, sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

Tab. I b

Präparat	Zeit 1 h	22 h	77 h
Gold-Probekörper	2 710	3 590	4 550
eingesetzte Gussfüllung (erstes Präparat)	4 870	15 300	26 700
eingesetzte Gussfüllung (zweites Präparat)	4 300	8 480	11 000
Plexiglas-Probekörper (erstes Präparat)	50	85	130
Plexiglas-Probekörper (zweites Präparat)	40	137	117
Gold-Probekörper eingesetzt in Plexiglas-Probekörper	-	3 700	4 290

Tabelle I b:
Impulszahlen von Gold- und Plexiglasprobekörpern im Vergleich zu einzementierten Gussfüllungen aus Gold.

Die Messungen zeigen, dass 131 J an der Goldoberfläche, auch nach deren Säuberung, haften bleibt. Nach 1 Std. wurden 2 710 Impulse gemessen, nach insgesamt 77 Stdn. 4 550 Impulse. Die gemessene Radioaktivität ist direkt proportional zur Oberfläche des strahlenden Körpers. Diese ist für den Probekörper mit 109 mm^2 anzugeben. Die freie Oberfläche der eingesetzten Gussfüllungen beträgt dagegen 38,5 mm^2 bei der Kavitätenform I und II; sie ist grösser bei der Kavitätenform III, bedingt durch die Wölbung des bedeckenden, flachig aufliegenden Teiles der Gussfüllung. In Anbetracht der erheblichen Schwächung der 360-KeV-γ-Quanten des 131J durch Gold und der speziellen Geometrie des verwendeten Bohrlochkristalls dürften schätzungsweise weniger als 5-15% der für den Gold-Probekörper angegebenen Gesamtradioaktivität auf die von der Oberfläche ausgehende Strahlung entfallen. - Ein Zuwachs der Messeffekte in dieser Grössenordnung (5-15%) konnte festgestellt werden, wenn die

"freie" Oberfläche einzementierter Gussfüllungen nach unten, zum Boden des Messröhrchens wies. - Sie kann daher praktisch vernachlässigt werden, zumal sie eine ziemlich konstante Grösse ist.

Die Radioaktivität von Plexiglasprobekörpern lag zwischen 40 und 137 Imp./min. - Auch hier kann angenommen werden, dass bei sämtlichen Präparaten der von der Plexiglasoberfläche ausgehende Messeffekt als ziemlich konstanter Faktor auftritt. In Anbetracht der gemessenen Gesamtradioaktivität kann er ebenfalls vernachlässigt werden.

Eine "Einbettung" von Gold in Plexiglas hat keine Veränderung des Messeffektes zur Folge. Um dies nachweisen zu können, wurde der Gold-Probekörper (s.Tab.1b) in den entsprechenden Plexiglaswürfel eingelegt. Danach liess sich keine Verringerung des Messeffektes feststellen.

2. Untersuchung der Abschlussdichtigkeit einzementierter Gold-Gussfüllungen mit drei verschiedenen Arten der Kavitätenrandgestaltung.

a) Erste Messreihe - nicht anfinierte Gussfüllungen.

Eine erste Messreihe diente zur Untersuchung der Abschlussdichtigkeit einzementierter Goldgussfüllungen, wobei die Füllungsränder nach dem Einsetzen nicht nachbearbeitet worden waren. Die Präparate wurden unmittelbar nach Erhärten des Zementes in die radioaktive Flüssigkeit gelegt. Impulszahlen wurden nach verschiedenen Zeitintervallen - wie aus Tabelle II/III und Schaubild 1 ersichtlich - festgestellt.
Untersucht wurden 21 Präparate, von denen jedoch nur 13 ausgewählt wurden. Die ausgeschiedenen Füllungen konnten entweder nicht vollständig in die Kavität eingebracht werden, oder es zeigten sich Luftblasen im Zementspalt.

Nach Beendigung dieser Messreihe wurden die Präparate 10 Tage lang in entsalztes Wasser eingelegt. Dadurch sank die ursprünglich gemessene Aktivität auf eine kleine Restaktivität ab, da 131 J entsprechend dem Konzentrationsge-

fälle wieder in die umgebende Flüssigkeit wanderte. Diese Massnahme war notwendig, um eine zweite Messreihe durchführen zu können.

b) Zweite Messreihe - anfinierte Gussfüllungen.
Bei den gleichen Präparaten wurden die Füllungsränder sorgfältig anfiniert, und in einer zweiten Messreihe nach Bestimmung der Restaktivität, in bestimmten Zeitabständen ausgezählt. Dabei wurde der Rand zunächst mit feinen Karborundsteinchen bearbeitet und mit einer Gummischeibe geglättet. Die weitere Bearbeitung erfolgte mit Schlag- und Kugelpolierern. Die Drehrichtung der Schleif- und Polierinstrumente war dabei immer zentrifugal zum Kavitatenrand gerichtet.

V. ERGEBNISSE.

A. Nicht anfinierte Gussfüllungen.

1. Mit Federrand:
Bereits 22 Stdn 45 min nach dem Eintauchen in die radioaktive Lösung wurden nach steilem Anstieg Werte erreicht, die im Mittel bei 15 500 Impulsen/min lagen. Nach weiteren 52 Stdn 45 min war nur noch eine unwesentliche Zunahme festzustellen, was sich auch im Werte, gemessen nach 75 Stdn 30 min von durchschnittlich 15 200 Impulsen /min ausdrückt. Als Mittelwert der Messungen nach 22 Stdn 45 min, 40 Stdn 45 min, 75 Stdn 30 min ergeben sich ca. 1 5 6 0 0 I m p u l s e /min. (Werte der einzelnen Präparate (Impulszahlen /min) siehe Tab. IIa, Mittelwerte Tab. III - die entsprechenden Prozentangaben zeigen Tab. II b und III b).

2. Ohne Federrand:
Der Mittelwert der Einzelmessungen (vgl. Tab.IIa/III a) liegt bei dieser Kavitatenform nach 22 Stdn 45 min bei 14 900 Impulsen und ist somit niedriger als bei der Kavität mit Federrand. Dafür ist die Zunahme in den folgenden Zeitabschnitten etwas grösser und liegt nach 75 Stdn 30 min bei 17 400 Impulsen. Der Mittelwert aller Messungen nach 42 Stdn 45 min, 49 Stdn 45 min, 75 Stdn 30 min beträgt 15 950 I m p u l s e / min, d.h. die Werte sowohl der

ersten als auch der zweiten Kavitätenform liegen im Durchschnitt bei 16 000 Impulsen /min.

3. Slice - cut Präparation:

Bei dieser Kavitätenform war auffallend der wesentlich geringere Zuwachs an Impulsen pro Zeiteinheit, sowohl nach den ersten Stunden als auch zu späteren Zeitpunkten. Im Gegensatz zu den anderen Kavitatenformen ist die Streuung der Messwerte der einzelnen Präparate geringer (siehe Tab.II a). Der Mittelwert betragt nach 22 Stdn 45 min ca. 5 800 Impulse /min und wachst nach insgesamt 75 Stdn 30 min auf 7 000 Impulse /min an. (Vgl.Tab.III). Der mittlere Wert der Messungen nach 22 Stdn 45 min, 48 Stdn 45 min, 75 Stdn 30 min liegt unter 6 4 0 0 I m p u l s e n / min.

B. Anfinierte Gussfüllungen.

Schliesslich wurden noch analoge Versuche mit anfinierten Füllungen durchgefuhrt. Entsprechend der Halbwertszeit des verwendeten 131 J waren nun die absoluten Impulszahlen dieser Messreihe kleiner (Tab. V a) als bei der ersten Versuchsreihe (Tab. II a) Da aber stets ein Standardpraparat mitgeführt wurde, sind die Werte untereinander vergleichbar.

1. Mit Federrand:

Analog den in der ersten Messreihe ermaltenen Ergebnissen war bei anfinierten Füllungsrandern in der ersten Phase der Messungen ebenfalls ein steiles Anwachsen der Impulszahlen zu erkennen. Nach ca. 22 Stdn scheint wieder eine gewisse Sättigung eingetreten zu sein. Als Mittelwert aller Messungen, die nach 21 Stdn 45 min, 47 Stdn 30 min, 73 Stdn 30 min, vorgenommen wurden, ermielt man 1 7 7 0 Netto-Impulse / min.

2. Ohne Federrand:

Der Mittelwert aller Messungen zu den letzten drei Messzeitpunkten betrug für die Kavitatenform II 1 9 8 0 I m p u l s e / min. Der kleinste gemessene Einzelwert betrug hier 1 703 Impulse / min, der grösste 2 248 Impulse / min.

3. Slice - cut Präparation:
Die Messeffekte der Einzelpräparate liegen hier zwischen 880 und 1 404 Impulse / min. Der resultierende Mittelwert beträgt 1 1 5 0 I m p u l s e / min.
Alle Einzelwerte (Impulszahlen / min) der zweiten Messreihe sind in Tab. V a angegeben, die jeweiligen Mittelwerte in Tab. VI a. Tab. V b und VI b enthalten die Prozentualangaben der vorgenannten Impulszahlen.

Als neuer Messstandard diente nun eines der Präparate mit einzementierter Gussfüllung, deren Ränder weder bei der ersten noch bei der zweiten Messreihe anfiniert worden waren. Es wurde den gleichen Versuchsbedingungen wie die anderen Präparate unterworfen. In Tabelle VII sind die Impulszahlen dieses Standards bei den ersten Messungen mit (a) bezeichnet, mit (b) diejenigen der zweiten Messreihe. Mit diesen Standardwerten wird nun errechnet

der Quotient $\frac{\text{Mittelwerte (Tab.IV)}}{\text{Standardwerte (a) bzw. (b)}}$

zu den Messzeiten 21 Stdn 45 min bzw. 22 Stdn 45 min - 47 Stdn 30 min bzw. 49 Stdn 45 min - 75 Stdn 30 min bzw. 75 Stdn 30 min.
Tabelle VIII zeigt diese Relation der Mittelwerte von Tab.IV bzw. VI zu den Werten des Standards (VIIa und b).

Durch Multiplikation der Mittelwerte der ersten Messreihe (Tab. IV) mit den Quotienten $\frac{\text{Mittelwerte (Tab.VI)}}{\text{Standardwerte (b)}}$ (s.o.) Werte von Tab. VIII b) lassen sich die relativen Impulszahlen der zweiten Messreihe angeben (Tab.IX).

Die somit erhaltene Beziehung zwischen den Mittelwerten anfinierter und nichtanfinierter Gussfüllungen ist in Schaubild 3 wiedergegeben. Da die Grösse der Impulszahlen der relativen Menge in den Randspalt eingedrungener Flüssigkeit entspricht, kann man die eingedrungene Flüssigkeitsmenge prozentual angeben.
Aus den verschiedenen Quotienten $\frac{\text{Mittelwert}}{\text{Standardwert}}$ (Tab. VIII) einer bestimmten Kavitätenform lässt sich ein Durchschnittswert bilden (ebenfalls Tab. VIII). Dieser entspricht einem

Mittelwert der Impulszahlen zu den letzten drei Messzeiten, Indem man nun den höchsten dieser Mittelwerte einer eingedrungenen Flüssigkeitsmenge von 100% gleichsetzt (Werte der Kavitatenform I, erste Messreihe, Tab. IV) lassen sich die dazu korrespondierenden Mengen angeben (Tab.X).

Legt man diesen Berechnungen nicht Tab. IV sondern - wie zutreffender - Tabelle III zugrunde, so ergibt sich ein etwas verändertes Bild, da hier für die Kavitätenform II in der ersten Messreihe die höchsten Impulszahlen registriert wurden (Tab. XI, Schaubild 4).

Zusammenfassend sind nachstenend noch einmal die Ergebnisse beider Messreihen angeführt:

A. Nicht anfinierte Gussfüllungen:

Bei nicht anfinierten Gussfüllungen wurde für die Slice-cut Präparation (Kavitatenform III) mit durchschnittlich 6 4 0 0 Impulsen die geringste eingedrungene Radioaktivitätsmenge festgestellt.
Bei Gussfüllungen mit und ohne Federrand (Kavitatenform I und II) ergaben sich mit 1 5 6 0 0 und 1 5 9 5 0 Impulsen eindeutig höhere Werte.
Prozentual ausgedrückt (100% = 15 950 Impulse) sind für die Kavitätenform mit Federrand somit 100%, für die Gussfüllung ohne Federrand 98%, und für die Slice - cut Präparation 40% anzugeben. Dies bedeutet, dass bei der Kavitätenform III nur 40% der Flüssigkeitsmenge in den Randspalt zwischen Füllung und Kavitätenwand eindrang.

B. Anfinierte Gussfüllungen:
Bei anfinierten Gussfüllungen wurde wiederum für die Slice-cut Präparation mit 1 1 5 0 Impulsen der niederste Wert gezählt. Für die Gussfüllungen mit oder ohne Federrand konnten 1 7 7 0 oder 1 9 8 0 Impulse ermittelt werden.

Nach dem Anfinieren wurden bei der Kavitätenform I (mit Federrand) die Impulszahlen um 35% niedriger gezählt als ohne Anfinieren der Ränder. Bei der Kavitatenform II (ohne Federrand) war eine Verringerung um nur 5% festzustellen. Dies ist also gleichbedeutend mit einer Verbesserung der Abschlussdichtigkeit oder des Randschlusses um 35 und 5%. Bei der Slice - cut Präparation war eine Verbesserung durch Anfinieren der Ränder nicht zu erkennen. (Siehe Tab. XI, Schaubild 4)

In den folgenden Tabellen wurde eingeteilt nach den K a v i t ä t e n f o r m e n I, II oder III (s.S.13). (Für die zweite Messreihe wurde - zur Unterscheidung von der ersten - die Bezeichnung I', II', III' gewahlt). Die von jeder Kavitatenform vorhandene Anzahl an Praparaten wird mit der P r a p a r a t n u m m e r (1-5) angegeben. Die M e s s z e i t zeigt an, zu welchem Zeitpunkt nach Einlegen der Präparate in die radioaktive Flüssigkeit die jeweiligen Messungen durchgefuhrt worden sind. Die Ergebnisse sind wiederum angegeben in "Impulsen pro Minute", unter Berücksichtigung von Standardpräparat und Nulleffekt.

Die Tabellen IIa, IIIa, Va und VIa finden in den Tabellen IIb, IIIb, Vb und VIb ihre entsprechende prozentuale Angabe.

Kavitätenform	Präp.-Nr.	Meßzeit 2h 30'	4h	22h45'	49h45'	75h30'
I	1	12 046	15 089	16 373	16 106	19 718
	3	10 691	11 680	14 557	13 946	14 620
	4	13 140	13 932	18 340	17 426	18 225
	5	7 293	8 150	12 733	13 271	12 403
II	1	7 121	8 224	11 664	12 669	14 484
	2	9 096	11 521	19 844	22 249	24 182
	3	11 358	12 985	13 380	15 704	17 127
	4	7 645	8 434	13 031	13 167	13 854
III	1	3 423	3 973	5 048	5 648	6 533
	2	3 725	4 152	5 070	5 379	6 142
	3	3 549	4 175	5 236	5 959	6 983
	4	3 320	4 245	6 515	6 936	7 508
	5	5 613	6 641	7 042	7 430	7 933

Tabelle II a:
Impulszahlen einzementierter Gussfüllungen, deren Füllungsränder nicht anfiniert wurden(Erste Messreihe).

Kavitätenform	Präp.-Nr.	Meßzeit 2h 30'	4h	22h45'	49h45'	75h30'
I	1	50	62	68	67	82
	3	44	48	60	58	60
	4	54	58	76	72	75
	5	30	34	53	55	51
II	1	29	34	48	52	60
	2	38	48	82	92	100
	3	47	54	55	65	71
	4	32	35	54	54	57
III	1	14	16	21	23	27
	2	15	17	21	22	25
	3	15	17	22	25	29
	4	14	18	27	29	31
	5	23	27	29	31	33

Tabelle II b:
Prozentangaben der Werte in Tabelle IIa
(100 % = 24 182 Impulse).

Kavitätenform	Meßzeit 2h 30'	4h	22h 45'	49h 45'	75h 30'
I	10 792	12 242	15 500	15 187	16 241
II	8 805	10 291	14 479	15 947	17 411
III	3 926	4 637	5 782	6 270	7 019

Tabelle III a:
Mittelwerte entsprechend den Messwerten in Tabelle II a.

Kavitätenform	Meßzeit 2h 30'	4h	22h 45'	49h 45'	75h 30'
I	45	50	64	63	67
II	37	43	60	66	72
III	16	19	24	26	29

Tabelle III b:
Mittelwerte der Prozentangaben in Tabelle II b.

Kavitätenform	Meßzeit 2h 30'	4h	22h 45'	49h 45'	75h 30'
I	12 598	14 010	16 819	16 969	18 505
II	8 708	9 881	12 691	13 846	15 155
III	4 077	4 735	5 599	6 104	6 897

Tabelle IV:
Mittelwerte der Präparate, mit denen eine zweite Messreihe durchgeführt wurde.

Kavitätenform	Präp.-Nr.	Meßzeit 45'	1h 15'	21h 45'	47h 30'	73h 30'
I'	1	430	660	1 367	1 466	1 524
	2	587	673	1 533	1 806	1 662
	4	624	956	2 067	2 185	2 426
	5	508	640	1 584	1 847	1 718
II'	1	531	745	1 703	2 279	2 036
	3	498	676	1 917	1 943	2 011
	4	502	566	1 972	2 275	2 248
III'	1	219	481	880	1 177	996
	2	200	534	916	975	1 034
	3	299	559	1 169	1 206	1 365
	5	495	740	1 410	1 297	1 404

Tabelle V a:
Impulszahlen von einzementierten Gussfüllungen, deren Füllungsränder anfiniert wurden (Zweite Messreihe), unter Berücksichtigung der Restaktivität.

Kavitätenform	Präp.-Nr.	Meßzeit 45'	1h 15'	21h 45'	47h 30'	73h 30'
I'	1	18	27	56	60	63
	2	24	28	63	74	68
	4	26	39	85	90	100
	5	21	26	65	76	71
II'	1	22	31	70	94	84
	3	21	28	79	80	83
	4	21	23	81	94	93
III'	1	9	20	36	48	41
	2	8	22	38	40	43
	3	12	23	48	50	56
	5	20	30	58	53	58

Tabelle V b:
Prozentangaben der Werte in Tabelle V a
(100 % = 2 426 Impulse).

Kavitätenform	Meßzeit 45'	1h 15'	21h 45'	47h 30'	73h 30'
I'M	537	732	1 637	1 826	1 832
II'M	510	662	1 864	2 165	2 098
III'M	303	578	1 093	1 163	1 199

Tabelle VI a:
Mittelwerte entsprechend den Messwerten in Tabelle V a.

Kavitätenform	Meßzeit 45'	1h 15	21h 45'	47h 30'	73h 30'
I'M	22	30	67	75	76
II'M	21	27	77	89	87
III'M	12	24	45	48	49

Tabelle VI b:
Mittelwerte der Prozentangaben in Tabelle V b.

	Meßzeit 2h 30'	4h	22h 45'	49h 45'	75h 30'
a	3 320	4 245	6 515	6 936	7 508
	45'	1h 15'	21h 45'	47h 30'	73h 30'
b	301	582	1 010	1 060	1 220

Tabelle VII:
Standardpräparat, das zum Vergleich der Ersten mit der Zweiten Messreihe herangezogen wurde.
(a) Impulszahlen zum Zeitpunkt der Ersten Messreihe
(b) Impulszahlen zum Zeitpunkt der Zweiten Messreihe.

		Meßzeit				
		$2^h 30'$	4^h	$22^h 45'$	$49^h 45'$	$75^h 30'$
a	$I_M S$			2,6	2,4	2,5
	$II_M S$			1,9	2,0	2,0
	$III_M S$			0,6	0,9	0,9
		45'	$1^h 15'$	$21^h 45'$	$47^h 30'$	$73^h 30'$
b	$I'_M S$			1,6	1,7	1,5
	$II'_M S$			1,8	2,0	1,7
	$III'_M S$			1,1	1,1	1,0

Tabelle VIII:
Relation des Standards zu den Mittelwerten nicht anfinierter und anfinierter Füllungen

(a) Mittelwerte nicht anfinierter Füllungen (Tab. IV) in Relation zum Standard (Tab. VII a)

(b) Mittelwerte anfinierter Füllungen (Tab. VI a) in Relation zum Standard (Tab. VII b).

		Meßzeit				
		45'	$1^h 15'$	$21^h 45'$	$47^h 30'$	$73^h 30'$
Kavitäten-form	I	5 400	6 900	10 500	11 200	12 100
	II	6 200	7 900	12 200	13 000	14 000
	III	3 500	4 500	6 900	7 300	7 900

Tabelle IX:
Mittelwerte anfinierter Füllungen mit den Relationsangaben in Tabelle VIII b zum Zeitpunkt der Ersten Messreihe berechnet.

Kavitätenform	eingedrungene Flüssigkeitsmenge Mittelwert dreier versch. Messungen
I	100%
II	80%
III	35%
I'	65%
II'	75%
III'	42%

Tabelle X:
Prozentuale Angabe der in den Randspalt eingedrungenen Flüssigkeitsmenge (entspr. Tab. IV und VI a).
Aus den verschiedenen Mittelwerten einer Kavitätenform bei Gußfüllungen mit nicht anfinierten und anfinierten Füllungsrändern wurde ein Durchschnittswert zu den jeweils letzten drei Meßzeiten gebildet. Der höchste erhaltene Durchschnittswert wurde einer in den Randspalt eingedrungenen Flussigkeitsmenge von 100% gleichgesetzt (Wert der Kavitätenform I - nicht anfinierte Füllungsränder - Tabelle IV). Alle weiteren Durchschnittswerte sind in ihrer Relation zu diesem Höchstwert prozentual angegeben.

Kavitätenform	eingedrungene Flüssigkeitsmenge Mittelwert dreier versch. Messungen
I	98 %
II	100 %
III	40 %
I'	63 %
II'	95 %
III'	47 %

Tabelle XI:
Prozentuale Angabe der in den Randspalt eingedrungenen Flüssigkeitsmenge (entspr. Tab. IIIa und VIa).
Wie für Tabelle X erläutert, wird die in den Randspalt eingedrungene Flüssigkeitsmenge prozentual angegeben. Legt man den Berechnungen Tabelle III zu Grunde, so ergibt sich für die Kavitätenform II bei nicht anfinierten Füllungsrändern ein Höchstwert, der mit 100 % angesetzt wurde. Die weiteren Durchschnittswerte sind in ihrer Relation zu diesem Höchstwert prozentual angegeben.

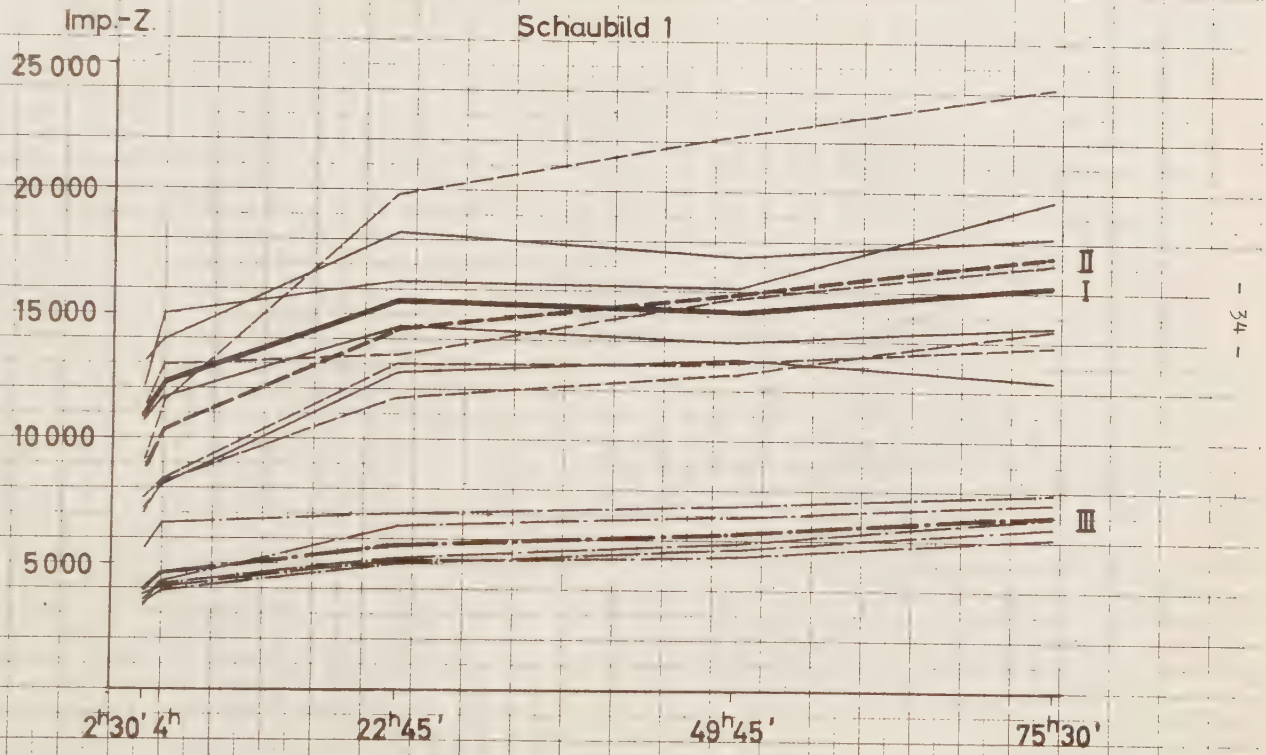


Schaubild 1: Darstellung von Einzel- und Mittelwerten gemessen an einzementierten Gussfüllungen mit nicht anfinierten Füllungsrändern (entspr. Tab. IIa und IIIa).
Abszisse: Zeitpunkt der Messungen
Ordinate: Impulse /min

Kavitätenform I
Kavitätenform II
Kavitätenform III

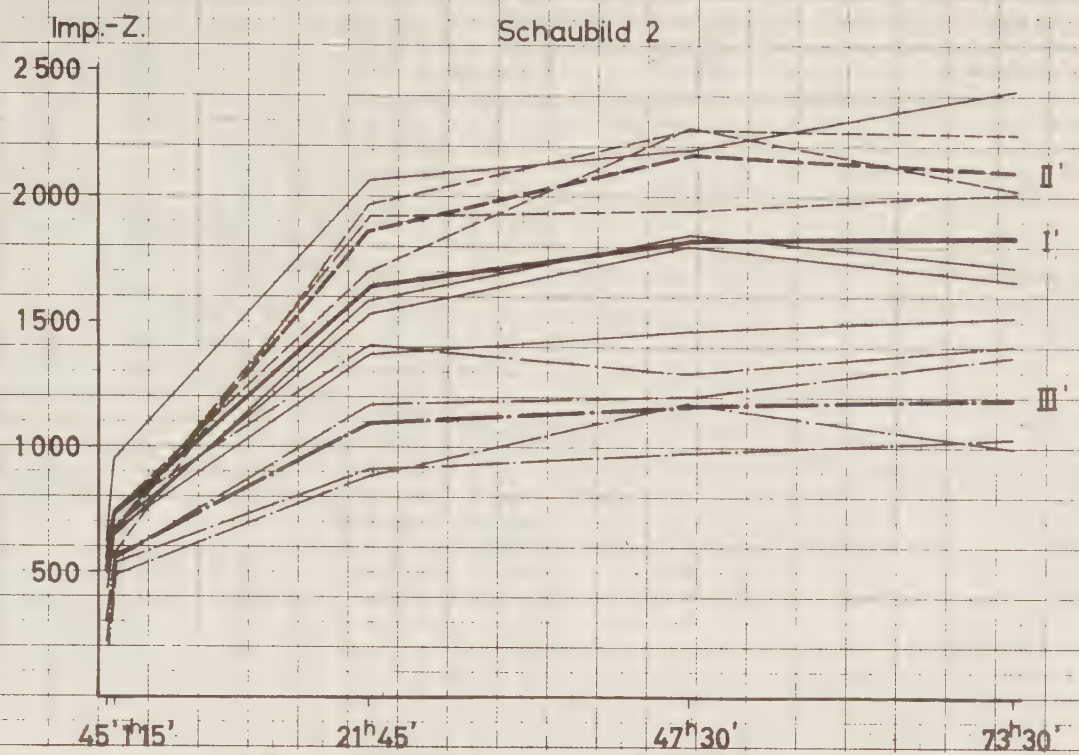


Schaubild 2: Darstellung von Einzel- und Mittelwerten gemessen an einzementierten Gussfüllungen mit nachfolgend anfinierten Füllungsrändern (entspr.Tab. Va und VIa).

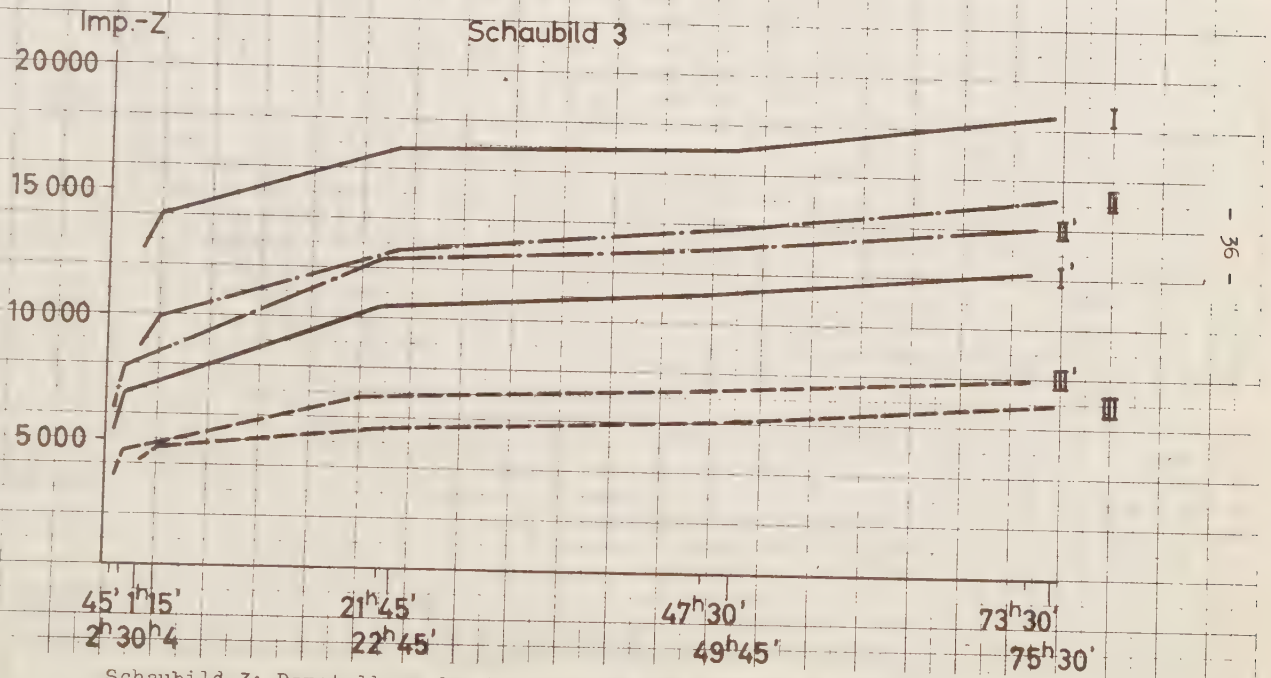


Schaubild 3: Darstellung der Mittelwerte von Präparaten mit nicht anfinierten (I, II, III) und anfinierten (I', II', III') Füllungsrändern (entspr.Tab. IV und IX).

Schaubild 4

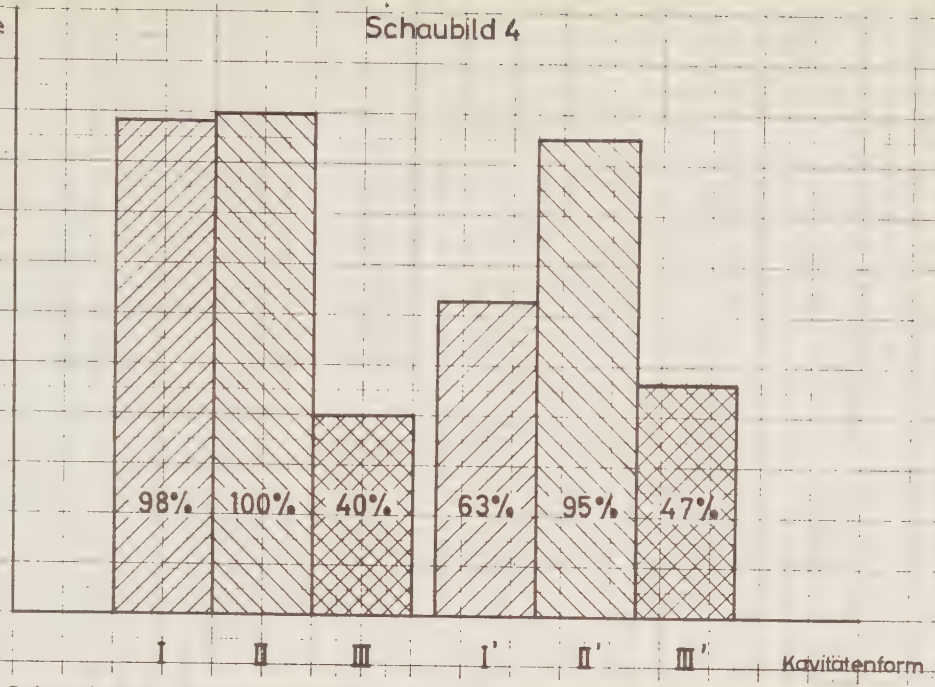


Schaubild 4: Das Blockschema zeigt die relative in den Randspalt eingedrungene Flüssigkeitsmenge bei Gussfüllungen mit nicht anfinierten (I, II, III) und anfinierten (I', II', III') Füllungsrandern (entspr. Tab. XI).

VI. DISKUSSION

Die Abschluss - D i c h t i g k e i t e i n z e m e n t i e r t e r Goldgussfüllungen, wie wir sie durchgeführt haben, ist - soweit uns bekannt - bislang nicht untersucht worden.

In einigen Arbeiten des amerikanischen Schrifttums wird lediglich über Messungen der Randdurchlässigkeit verschiedener Füllungsmaterialien, u.a. auch von Goldinlays, mit Hilfe von Schnittpräparaten berichtet. Zum Nachweis dienen ebenfalls radioaktive Isotope, deren Strahlungsimpulse autoradiographisch aufgezeichnet werden. Mit dieser Methode lässt sich praktisch nur die Lokalisation eines radioaktiven Elementes feststellen. Es ist jedoch nicht möglich, eine quantitative Aussage zu machen, da die Schwarzung des Films - unter Berücksichtigung auftretender Fehler - nur eine geringe Graduierung zulasst. Mit einem Szintillationszählgerät dagegen wird jeder Strahlungsimpuls entsprechend der vorhandenen Menge an strahlender Substanz registriert. Ausserdem erfasst man damit den gesamten kapillaren - mit Zement ausgefüllten - Spaltraum zwischen Füllung und Kavitätenwand. Bei einem Schnittpräparat gelangt ausserdem nur ein Ausschnitt des Präparates zur Auswertung.

Ein d i r e k t e r Vergleich unserer Untersuchungen mit den bisher bekannten und deren Ergebnisse - meist in µ angegebene Spaltbreiten = Messwerte - ist auf Grund unserer Untersuchungsmethode nicht möglich. Allerdings lassen unsere Messungen erstmals eine kritische Stellungnahme zu den sehr unterschiedlichen Forderungen hinsichtlich der Kavitätenrandgestaltung bei Gussfüllungen zu. So muss die Frage m i t oder o h n e Federrand eindeutig zugunsten des Federrandes beantwortet werden. Hierbei dürfte die Art der Abschrägung, z.B. 20^0 oder 40^0, unwesentlich sein. Entscheidend jedoch ist die Möglichkeit einen v o r h a n d e n e n "Federrand" a n f i n i e r e n zu k ö n n e n. Dies zeigt sich eindeutig in der Verbesserung der Mess-

werte n a c h dem Anfinieren. Insofern können wir der Ansicht von K.DREYER - JÖRGENSEN, dass infolge des heutigen Standes der Gusstechnik der früher zum Ausgleich von Gussungenauigkeiten dienende Federrand nicht mehr notwendig sei, nicht beipflichten.
Darüber hinaus ist das überdurchschnittlich gute Abschneiden der sog. Schliffpraparationen auffallig und zwar unabhängig von dem zusatzlichen Arbeitsgang des Anfinierens. Diese Feststellung veranlasst uns, das von R. MAYER angegebene Praparations-Vorgehen, jede Approximal-Flächen-Präparation z.B. mit dem Reich'schen Hohlschleifer oder mit feinen Sandpapierscheiben abzuschliessen, zu empfehlen.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird zunächst eine Messmethode entwickelt und beschrieben, die eine quantitative Aussage über die Randdichtigkeit einzementierter Goldinlays ermöglicht. Diese Methode beruht auf dem quantitativen Nachweis einer, in den Raum zwischen Füllungskörper und Kavitätenwand eingedrungenen, Flüssigkeit. Hierzu wurde als Spurenstoff ein radioaktives Isotop - 131 J - verwendet. Die radioaktive Strahlung wurde von einem Szintillationszählgerät erfasst.

Im Zweiten Teil der Arbeit werden mit Hilfe dieser Methode folgende unterschiedliche Randgestaltungen gegossener Füllungen untersucht:

I. Kavitätenform mit Federrand
II. Kavitätenform ohne Federrand
III. Slice - cut Präparation

Hierbei lässt sich zusammenfassend feststellen:

A. Bei n i c h t a n f i n i e r t e n einzementierten Goldinlays ergaben sich für die Kavitätenform "mit Federrand" bzw. "ohne Federrand" nahezu gleiche, für die Slice - cut Präparation wesentlich niedrigere Werte. Das bedeutet, dass bei Slice - cut Präparation 60% weniger Flüssigkeit in den Raum zwischen Kavitätenwand und Füllung eindringt, als bei der Kavitatenform mit und ohne Federrand.

B. Bei a n f i n i e r t e n Füllungsrandern lässt sich für die Kavitatenform "mit Federrand" eine Verbesserung des Randschlusses um 35%, bei der Kavitätenform "ohne Federrand" eine nur geringfügige und bei der Slice - cut Präparation keine weitere Verbesserung nachweisen.

IX. LITERATURVERZEICHNIS

1. Adolph, W. — Untersuchungen über die Oberflächenbeschaffenheit nieder- hoch- und höchsttourig bearbeiteter Kavitätenwände. Dtsch. zahnärztl.Z. 14, 949 (1959)

2. Ahrens, G. Naujoks, R. — Vergleichende Untersuchungen an elastischen Abdruckmaterialien für die indirekte Inlaytechnik. Dtsch. zahnärztl.Z. 16, 472 (1961)

3. Arnold, M. — Eine Anmerkung zur Arbeit von R. Kluge und W. Binus "Die Gussfüllung im Approximalbereich". Dtsch. zahnärztl.Z. 23, 847 (1968)

4. Beeck, K.-H. — Prüfungsergebnisse zahnarztlicher Gussverfahren und ihre Auswertung. Dtsch.zahnärztl.Z. 13, 470 (1958)

5. Boitel, R.H. — Gold-Inlays Dtsch.zahnärztl.Z. 19, 700 (1964)

6. Boonsack, Cn.Th. — Bohren und Schleifen Carl Hanser Verlag, München (1953)

7. Degussa - Brief 30. Juli 1960 — Beeinflussung der Passgenauigkeit von MOD-Füllungen durch Richtung des Gusskanals

8. Dreyer - Jörgensen,K. — Neue Kavitätenpräparation für Gussfüllungen Tandlaegebladet 67 555 (1963)

9. Effinger, K.A. — Kontraktionsmessungen an zahnarztlichen Füllungs- und Unterfüllungsmaterialien mit Hilfe der Blasen-Druck-Methode nach Knappwost Inaug.Diss., Tübingen 1952

10. Eichner, K. — Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihrer Verarbeitung
Berlinische Verlagsanstalt G.m.b.H.
Berlin-West 1960

11. Eifinger, F.F. — Präparationstechnik und Kavitätenrand. Auswirkungen bei hoch- und höchsttourigem Bohren auf Schmelzsubstanz.
Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 1324 (1962)

12. Falck-Weickart — Werkstoffkunde für Zahnarzte
Carl Hanser Verlag München 1959

13. Fezer, K.H. und Schroy, K. — Die Kavitätenwände nach der Präparation mit dem Borden-Airotor
Quintess.zahnärztl. Lit. 10, 1204 (1959)

14. Fischer, C.-H. — Probleme der zahnärztlichen Füllungstherapie in Gegenwart und Zukunft
Dtsch.zahnärztl. Z. 17, 939 (1962)

15. Fischer, M. — Experimentelle Untersuchung über die Abschlussdichtigkeit der in der Zahnheilkunde gebrauchlichen Füllungsmaterialien
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 59, 595 (1949)

16. Frost, D. — Praktischer Strahlenschutz
Walter De Gruyter & Co. Berlin 1960

17. Gantner, K. — Eine Messapparatur zur Bestimmung von Quecksilber - Dampf - Konzentrationen während zahnarztlicher Verrichtungen
Inaug. Diss. Tübingen 1966

18. Godt, H. — Über die Scheibenschnittpräparation für die indirekte Gussherstellung
Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 1969 (1962)

19. Going, R.E.
Massler, M.
Dute, H.L. — Marginal penetrations of dental restorations as studied by crystal violet dye and J^{131}
Amer.dent.Ass.61, 286 (1960)

20. Harndt, E. — Die Gussfüllung. Ihre praktische Durchführung zur Prophylaxe der Zahnkaries und der parodontalen Erkrankungen. Johann Ambrosius Barth Verlag Leipzig 1953

21. Harndt, E. — Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Band II, Karies, Klinik und Therapie. Urban und Schwarzenberg Verlag. München-Berlin 1955

22. Hart, H. — Radioaktive Isotope in der Betriebsmesstechnik. Verlag Technik Berlin 1962

23. Hess, W. — Lehrbuch der Konservierenden Zahnheilkunde Johann Ambrosius Barth Verlag Leipzig 1960

24. Heuser, H. — Oberflächenmikroskopische Untersuchungen über den Randschluss von Füllungen Stoma (Heidelb.) 2, 16 (1949)

25. Kimmerle, G. — Über die Härte des Zahnschmelzes nach Kavitatenpräparation mit besonderer Berücksichtigung des Airotors Inaug.Diss. Tübingen 1962

26. Klaus, H.D. — Der Kavitatenrand unter besonderer Berücksichtigung des Verlaufs der Schmelzprismen und der Verwendung normal- sowie höchsttouriger Bohrer Inaug. Diss. Tübingen 1964

27. Kluge, R. und Binus, W. — Die Gussfüllung im Approximalbereich Dtsch.zahnärztl. Z. 22, 1584, (1967)

28. Knappwost, A. Über das thermische Expansions-und Kontraktionsverhalten von Dentallegierungen und Einbettmassen und deren Beziehung zur Sekundärkaries. Zahnärztl. Welt 4, 523 (1949)

29. Knappwost, A. Kapillare Spaltbildungen unserer plastischen Füllungsmaterialien als Ursachen der hohen Sekundärkariesfrequenz Dtsch.zahnärztl. Z. 6, 602 (1951)

30. Kröncke, A. Kimmerle, G. Über die Härte des kavitätennahen Zahnschmelzes nach konventioneller und höchsttouriger Präparation Dtsch.zahnärztl. Z. 17, 1158 (1962)

31. Kröncke, A. Provisorische Verbände der Kavitäten. Dtsch.zahnärztl. Z. 20, 537 (1965)

32. Linke, S. Untersuchungen von Kavitätenrändern, die mit Schleifkörpern in verschiedenen Drehzahlbereichen bearbeitet wurden. Dtsch.zahnärztl.Z. 15, 93 (1960)

33. Loebich, O. Über den Randschluss von Amalgamfüllungen Dtsch.zahnärztl.Z. 6, 1194 (1951)

34. Loebich, O. Wissenswertes über zahntechnische Edelmetall-Legierungen in Frage und Antwort Degussa (1961)

35. Lutz, G. Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Politurverfahren auf Oberfläche und Randschluss von Amalgamfüllungen Inaug.Diss. Tübingen 1963

36. Mayer, R. — Rationelle prophylaktische Inlaytechnik. Dtsch.Zahnärztebl. 21, 68 (1967)

37. Mayer, R. — Dichtebestimmungen des Gussfüllungsrandes bei unterschiedlicher Präparation des Kavitätenrandes. Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 1371 (1967)

38. Mortensen, D.W. Boucher, N.E. Ryge, G. — A Method of Testing for Marginal Leakage of Dental Restorations with Bacteria I.D. Res. 44, 58 (1965)

39. Nolden, R., und Pulverer, G. — Untersuchungen über die Dichte von Phospnatzementen, Silikatzementen und Autopolymerisaten gegenüber Bakterien Dtsch.zannärztl. Z. 23, 805 (1968)

40. Pichler, H. — Lehrbuch der Kavitätenpräparation Johann Ambrosius Barth Verlag Leipzig 1949

41. Rebel, H.-H. — Konservierende Zahnheilkunde Carl Hanser Verlag, München 1947

42. Reich, H. — Eine neue Technik zur Präparation von Approximalflachen Kavitaten Dtsch.zannärztl. Z. 15, 873 (1956)

43. Reither, W. — Neue Versuche zur Gusstechnik und ihre Auswertung Dtsch.zahnarztl.Z. 20, 1252 (1965)

44. Riedel, H. — Die Gussfüllung und die gepresste Kunststoffüllung Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 559 (1965)

45. Riethe, P. — Über den Einfluss verschiedener Abdruckmaterialien und Modellwerkstoffe auf die Passgenauigkeit von MOD.-Gussfüllungen Dtsch.zahnarztl. Z. 17, 1034 (1963)

46. Sauerwein, E. — Grundlagen und Fortschritte der Kavitatenpräparation Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 522 (1965)

47. Schmeiser, K. — Radionuclide Springer Verlag 1963

48. Schray, K. Fezer, K.H. — Die Gussfüllung-bewährte und moderne Inlaytechnik Johann Ambrosius Barth Verlag München 1963

49. Schug-Kösters, M. — Lehrbuch der Kavitätenpräparation Wilhelm Maudrich, Wien 1951

50. Schwiegk, H. — Künstliche radioaktive Isotope in Physiologie, Diagnostik und Therapie Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1953

51. Smreker, E. — Handbuch der Goldeinlagen unter allgemeiner Berücksichtigung der Gussfullung Berlinische Verlagsanstalt Berlin 1937

52. Sobkowiak, E.M. — Klinische und experimentelle Untersuchungen zur Passfähigkeit von Inlays Dtsch.Stomat. 14, 569 (1964)

53. Swartz, M.L. Phillips, R.W. — Influence of Manipulative Variables on the marginal Adaption of certain Restorative Materials J.prosth.Dent. 12, 172 (1962)

54. Taylor, J.B. Stowell, E.C. Murphy, J.F. Wainwright, W.W. — Microleakage of Gold foil fillings J.D.Res. 38, 749 (1959)

55. Velkova, A. — Prüfung des Randschlusses von Silikatfüllungen mit Hilfe radioaktiver Isotope Dtsch.Stomat. 11, 294 (1961)

56. Wainwright, W.W.
Stowell, E.C.
Taylor, J.B.
Microleakage of in vitro amalgam fillings to J^{131} - labeled human serum albumin and Na J^{131}
J.D.Res. 38, 749 (1959)

57. Walkhoff - Hess
Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde.
Jon.Ambr.Barth, Leipzig 1954, S.119

58. Wannenmacher, E.
Die Füllungstherapie
Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 514 (1965)

59. Wupper, H.
Materialbedingte Fortschritte der Inlaytechnik
Zahnärztl. Welt/Ref. 66, 165 (1965)

Zum Schluss dieser Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr.Dr.P. Rietne für die Durchsicht des Manuskriptes recht herzlich danken.

Herrn Oberarzt Dr. R. Mayer gilt mein besonderer Dank für die Überlassung des Themas und die Anleitung bei der Durchführung dieser Arbeit.

L e b e n s l a u f

Am 11. Januar 1943 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Willi Fuchs und seiner Ehefrau Julie, geb. Dreher, in Stuttgart geboren.

Nach dem Besuch der Grundschule von 1949 bis 1953 wechselte ich in das Friedrich-Eugens-Gymnasium in Stuttgart über, wo ich im Frühjahr 1962 die Reifeprüfung bestand.

Im Winter-Semester 1962/63 begann ich mit dem Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Hochschule in Stuttgart. Zum Sommer-Semester 1963 wechselte ich auf das Studienfach Zahnmedizin über und setzte mein Studium an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg fort.

Im Sommer-Semester 1964 wurde ich von der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen aufgenommen, an der ich, im Herbst 1965, nach 5 vorklinischen Semestern die Zahnärztliche Vorprüfung und nach weiteren 5 klinischen Semestern, im Sommer 1968, das Zahnärztliche Staatsexamen bestand.

BAMBERGER FOTODRUCK · RUDOLF RODENBUSCH
8600 BAMBERG · Markusplatz 22 · Tel.: 09 51/6 27 94